

# Fraunhofer Magazin

## Polytronic: Chips von der Rolle

inK

Virtueller Blick in  
die Vergangenheit

Preis Stifterverband  
Thermobilder  
höchster Auflösung

Beschichtungstechnik  
Kunststoff: Härter  
als Stahl



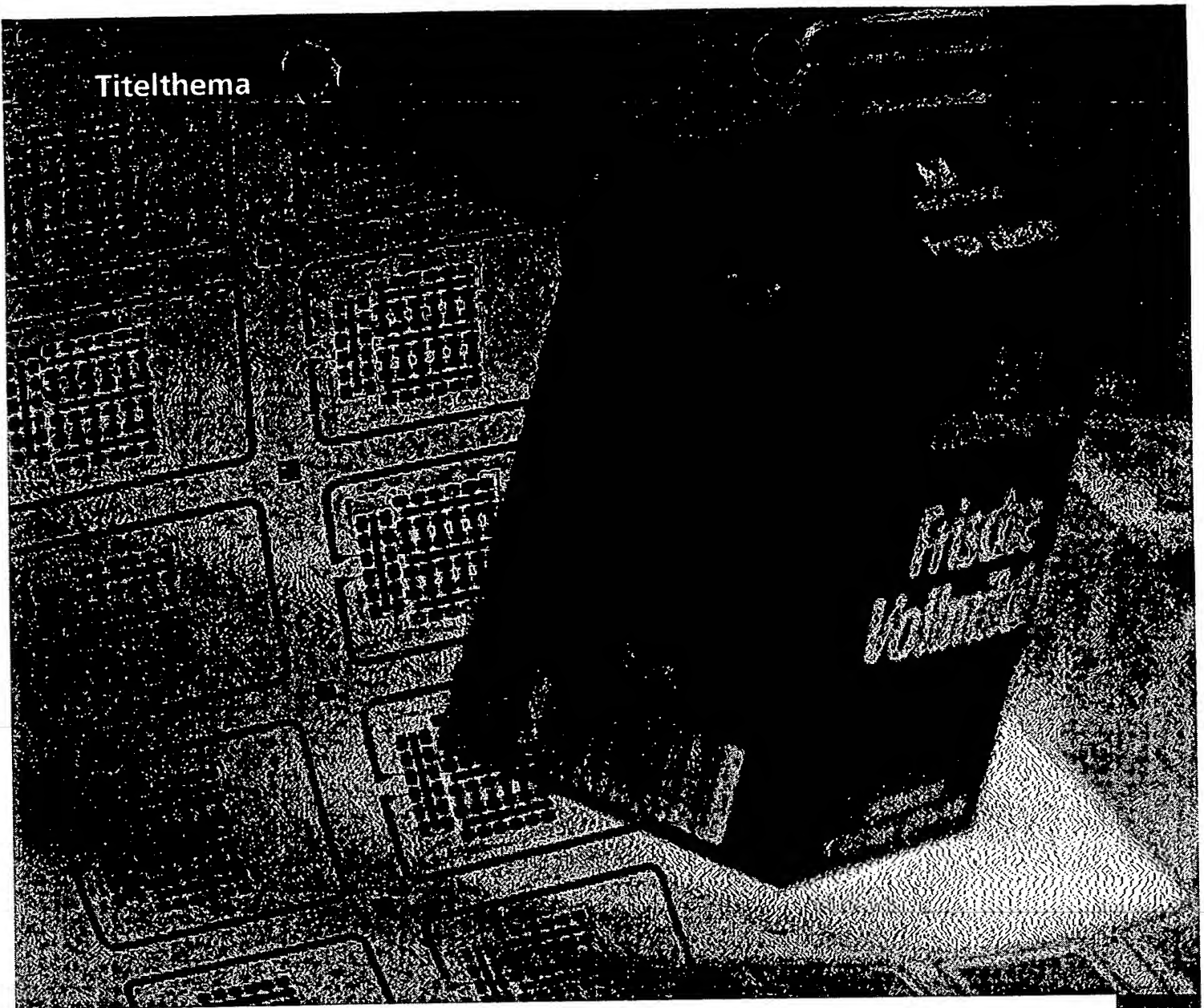
**Pssst...**

Das ist was für Sie!

**Die nächste Generation:  
Laser Scanning Mikroskop  
LSM 510 META**

[www.zeiss.de/lsm](http://www.zeiss.de/lsm)





# Polytronic: Chips von der Rolle

Halbleiter wie Silizium bilden bis heute die Basis für die Mikroelektronik. Seit entdeckt wurde, dass auch Kunststoffe leiten und leuchten können, sind sie auf dem Vormarsch in die Elektronik. Polytronic nennen die Fraunhofer-Forscher die neue Technologie. Biegsame Kunststoff-Chips, flexible Displays und flache Folienbatterien ermöglichen völlig neue Baukonzepte für eine Vielzahl innovativer Produkte. Vor allem aber eröffnet Polytronic erstmals einen Weg zur billigen Massenfertigung elektronischer Bauelemente – um alle Dinge des Alltags mit einer elektronischen Identität auszustatten.



**Seit ein** paar Jahren sorgen sie auf jeder Elektronik-Messe für Überraschungen: Kunststoffe, die leiten und leuchten. Immer größere und bessere organische Displays, Folienbatterien und nun sogar Plastikchips: ein faszinierendes, neues Forschungsgebiet. Dabei kannte man Kunststoffe lange Zeit nur als zuverlässige Isolatoren. Deshalb nutzt man sie zum Ummanteln der Kupferdrähte. Nun avancieren elektrisch leitende Kunststoffe zu den Materialien der Zukunft für Mikroelektronik und Photonik. Im letzten Jahr gab es dafür Chemie-Nobelpreise. Die beiden US-Amerikaner Alan Heeger von der Universität von Kalifornien in Santa Barbara und Alan MacDiarmid von der Universität von Pennsylvania sowie der Japaner Hideki Shirakawa von der Universität Tsukuba entdeckten Ende der 70er Jahre, dass man Kunststoffe durch Dotieren leitfähig machen kann. Dazu werden sie mit einzelnen Atomen eines anderen Stoffes verunreinigt. So können die verschiedensten Eigenschaften erzielt werden, leitend, halbleitend, elektroluminiszierend. Polymere haben den Vorteil, dass sie transparent sind. Außerdem können sie als Sensor und Aktor, »künstliche Muskeln«, zur Informationsübertragung und -speicherung und zur Energiegewinnung und -speicherung genutzt werden.

Plastikchips könnten als universelle Informationsträger zum Beispiel in Verpackungen oder Kleidungsstücke eingearbeitet werden.  
Fotos ©  
Peter Bornemann (li.);  
Texas Instruments (u.)

Seither entwickeln die Chemiker ständig neue Kunststoffe mit immer besseren Eigenschaften. Polymere spielen in der Mikroelektronik schon lange eine wachsende Rol-

le. In 95 Prozent aller Elektronikanwendungen werden Polymere eingesetzt – zur Verkapselung der empfindlichen Chips, zur Beschichtung von Leiterplatten, zur Formgebung, als Pasten oder als Klebstoffe in der Aufbau- und Verbindungstechnik. Nun sollen aber komplette Bauelemente auf Polymerbasis entwickelt werden. Kleine OLED-Displays, Prototypen von Folienbatterien und Plastikchips, demonstrieren die Machbarkeit. Erste Produkte sind schon auf dem Markt.

Vor zwei Jahren hat der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik die Potenziale der Polymerelektronik für die Wirtschaft in Deutschland ausgelotet und die verteilten Kompetenzen in mehreren Projekten zusammengeführt. Die Fraunhofer-Forscher haben mit dieser Initiative eine weltweite Führungsrolle übernommen und den Begriff Polytronic geprägt. Im Oktober gelang es ihnen, über zweihundert Experten aus allen wichtigen Industrieländern zum Kongress »Polytronic 2001« in Potsdam zu versammeln, um erstmals die gesamten internationalen Forschungsaktivitäten vorzustellen. Dr. Rolf Aschenbrenner vom Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin, das die Organisation übernommen hatte, berichtet: »Das Spektrum der vorgestellten Arbeiten reichte von neuen Werkstoffen für organische Displays über Fertigungstechniken für Chips aus Kunststoff bis zu photonischen Polymeren für Glasfasern und elektrooptische Bauelemente.« Das Entscheidende war, betont Aschenbrenner, dass es mit der Verschmelzung der drei internationalen Konferenzen »Polymeric Materials for Microelectronics and Photonics (POLY)«, »Adhesives in Electronics« und »Polymeric Electronics Packaging (PEP)« zur themenübergreifenden »Polytronic« gelang, eine neue Richtung zu prägen. Weltweit waren erstmals alle unterschiedlichen Technologien quer durch die Disziplinen vereint. »Noch gibt es gravierende Probleme in der Materialentwicklung und bei den Fertigungsverfahren zu lösen«, resümiert Rolf Aschenbrenner, »doch immer häufiger werden bereits Produktentwicklungen vorgestellt – Zeichen einer dynamischen Entwicklung hin zur Anwendung.«

Die Polytronic kann und will der Siliziumtechnologie keine Konkurrenz machen. Leitende Kunststoffe erlauben wegen der geringen Ladungsträger-Beweglichkeiten nur vergleichsweise langsame elektronische Bauteile – sie sind mehr als hundert Mal langsamer als Siliziumchips. Dennoch wird

Polytronic die Mikroelektronik revolutionieren, denn sie ergänzt die bisherigen Halbleitertechnologien ganz entscheidend. Und es gibt genügend Märkte, bei denen es nicht auf hohe Leistung, sondern auf möglichst billige Elektronik ankommt. »Es geht nicht darum, die Siliziumbasierte Mikroelektronik abzulösen, sondern neue Anwendungsgebiete zu erschließen – häufig im Verbund mit der Siliziumtechnologie«, beschreibt Dr.-Ing. Karlheinz Bock, Abteilungsleiter Polytronische Systeme am IZM in München, die Zukunftsperspektiven. »Überall da, wo Elektronik flach, flexibel oder billig sein muss, können Polymere ihre Vorteile ausspielen. Vor allem bietet Polytronic erstmals die Chance zur Massenfertigung von Billigst-Chips.« Weil sich die meisten Polymere gut in Lösung bringen lassen, können einfache und kostengünstige Fertigungsverfahren genutzt werden. Zunächst werden sich Kunststoff-Komponenten für kleine, leichte und mobile Produkte durchsetzen, die geringe Anforderungen an die Elektronik stellen. Die flache und flexible Bauweise eröffnet den Designern völlig neue Konzepte. Das Potenzial der multifunktionalen Folien ist riesig: Die Klebefolie kann neben Chip und Antenne/Spule auch Sensoren, ein kleines Display und eine Batterie enthalten. Das Spektrum reicht von intelligenten Etiketten, Grußkarten, Papierspielzeug über Chipkarten mit Display und Identifikations-Tags, die in Papier, Verpackungen und Kleidung integriert werden, bis hin zum intelligenten Pflaster mit eingebauter Sensorik oder gar zur elektronischen Zeitung und dem vollpolymeren Foliencomputer. Bis jedoch der heutige Laptop gefaltet oder zusammengerollt in der Kleidung integriert ist, wird noch eine Zeit vergehen.

Die Abteilung »Polytronische Systeme« des IZM in München entwickelt und erprobt gemeinsam mit den IZM-Abteilungen Chip Interconnection Technologies in Berlin und Polymeric Materials and Composites in Tel-tow sowie mit dem Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS in Dresden, dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP in Golm und dem Fraunhofer-Institut für Silicathforschung ISC in Würzburg Technologien für eine low-cost Polymerelektronik. In den letzten Jahren hat sich die Abteilung aber auch mit der Entwicklung neuer Technologien für die Herstellung dünner und flexibler elektronischer Bauelemente international einen guten Namen gemacht. Die Münchner Forscher können super-dünne Silizium-Wafer von weniger als 10 Mikrometer Di-

cke herstellen. (Internationaler Workshop Thin Silicon am 3. und 4. Dezember im Hilton in München). Mit neu entwickelten Verarbeitungstechniken werden diese dünnen, biegsamen Chips in Kunststofffolien laminiert, in Papier eingebettet oder auch übereinander gestapelt. Neue Kontaktierungstechniken ermöglichen extrem flache und kostengünstige Bauformen.

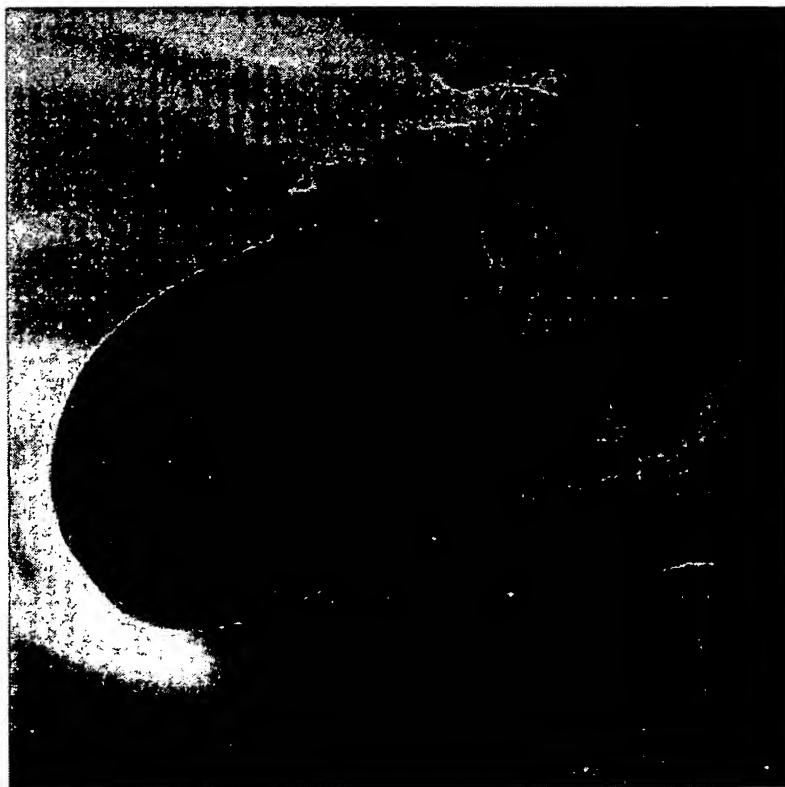
### Große Mengen zu günstigen Preisen

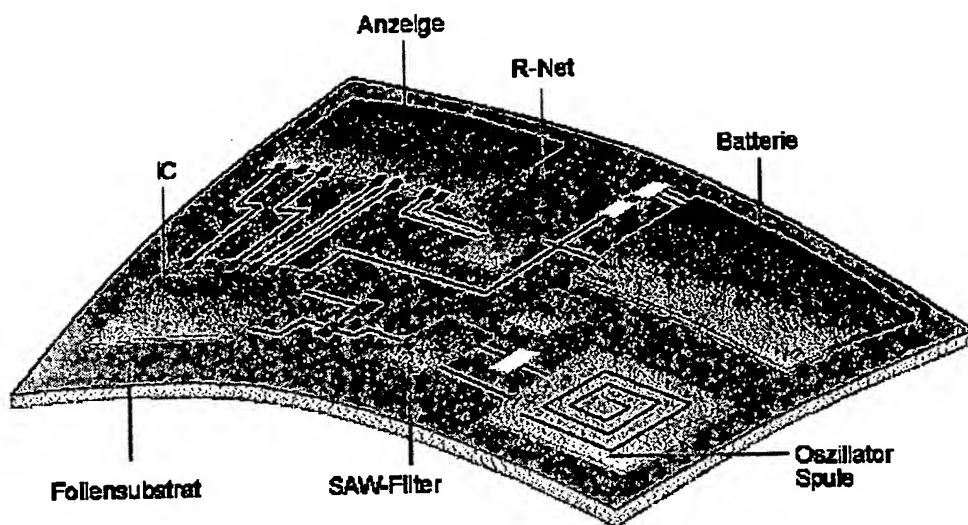
Die Kombination von dünnen Silizium-Chips, Sensoren und Aktoren mit polymerbasierter Aufbau- und Verbindungstechnik und der Polymerelektronik auf verschiedensten Substraten ermöglicht die Einbettung elektronischer Systeme in fast alle denkbaren Gegenstände. Ebenso interessant sind für viele Anwendungen Chip-in-Polymere-Konzepte, bei denen flexible Chips in Folien eingebettet werden. Die Fraunhofer-Forscher denken auch daran, organische Polymere mit anorganischen Halbleiterpartikeln zu füllen. Vision für die weitere Zukunft sind Self-Assembly-Konzepte, bei denen sich die Halbleiterstrukturen selbst zusammenbauen.

Die Fertigungstechnik ist der Schlüssel zur billigen Wegwerfelektronik. Das erkannten

die Fraunhofer-Forscher sehr schnell, als sie sich intensiv mit dem »intelligenten Etikett« befassten. Sollte jeder neue Artikel damit ausgestattet werden, müssten pro Jahr über 500 Milliarden Etiketten produziert werden. Die bisherige Halbleiterfertigung würde schon an diesen Mengen scheitern, vor allem aber am Preis. Denn Wegwerf-Chips müssen extrem billig sein. »Höchstens einen Pfennig, eher aber nur Bruchteile davon«, schätzt Karlheinz Bock, »dürfen solche Massenprodukte kosten.« Große Mengen zu billigen Preisen sind nur mit Druckverfahren zu erreichen – nicht mit den aufwändigen Beschichtungs- und Ätztechniken im Reinraum, die in der Halbleiterfertigung benötigt werden. Elektronische Schaltkreise aus organischen Halbleitern sind vergleichsweise einfach und preisgünstig zu produzieren. Weil sich die meisten Polymere gut in Lösung bringen lassen, kann man die Schaltungen drucken: Strukturbreiten von einigen zehn Mikrometern lassen sich auf diese Weise herstellen. Lucent Technologies und Siemens experimentieren beispielsweise mit Stempeln und einer Art Offset-Technik, während Philips

**Die Schaltungen funktionieren selbst dann, wenn die Folie stark gebogen wird.**  
© Philips Research





**Polytronisches System.**  
© Fraunhofer IZM

und andere eher auf Lithographietechniken und hochauflösende Tintenstrahl-Verfahren setzen. Die meisten Firmen und Forschungsgruppen konzentrieren sich darauf, ihre Schaltungen auf flexible Kunststoff-Substrate zu drucken. Magnus Berggren vom Schwedischen Forschungsinstitut ACREO berichtete auf der »Polytronic« von großen Fortschritten, elektronische Schaltungen, Displays und sogar Sensoren auf Papier zu drucken. Auch die Fraunhofer-Forscher verfolgen diesen Weg, organische Elektronik direkt auf die Verpackung oder – am besten – jeden Untergrund zu drucken.

»Die effizientesten Produktionsverfahren mit hohem Durchsatz sind Rolle-zu-Rolle-Verfahren«, betont Gerhard Klink vom IZM. Substrat ist eine Folie, die durch mehrere Beschichtungs- und Strukturierungsschritte läuft und am Ende wieder aufgerollt wird. Die Folienrolle kann so an weiteren Stationen bearbeitet werden, bis alle benötigten Schichten inklusive Verkapselung aufgebracht sind.

Zunächst arbeiten die Fraunhofer-Institute daran, funktionsfähige polymere Schaltungen im Siebdruck herzustellen. »Wenn wir das erreicht haben, ist der Weg zum Offsetdruck nicht mehr weit«, beschreibt Gerhard Klink die Entwicklungsschritte. Diese Produktionstechniken auf der Basis von Lithographie-, Assemblierungs- und Drucktechniken sind optimal geeignet für die kostengünstige Herstellung von billigen Massenprodukten wie elektronische Etiketten, Si-

cherheitsnachweise für Dokumente und Objekt-Identifikationssysteme. Die Verbindung von Siliziumschaltungen mit Polymer-elektronik ermöglicht auch hochwertige elektronische Systeme für die Automobil-, Medizin- oder Kommunikationstechnik in Rolle-zu-Rolle-Fertigung.

Ein Demozentrum für Rolle-zu-Rolle-Produktionstechnik, das mit Unterstützung des Freistaates Bayern im IZM-Institutsteil München aufgebaut wird, bietet auch mittelständischen Unternehmen die Möglichkeit, funktionsfähige Prototypen und Kleinserien mit diesen neuen Technologien zu entwickeln und herzustellen. Außerdem können dort Equipmenthersteller neue Geräte entwickeln und erproben.

Nächstes Ziel der Fraunhofer-Forscher ist ein vollpolymerer Transponder als Demonstrator in Rolle-zu-Rolle-Fertigungstechnologie. Transponder haben ein riesiges Potenzial als drahtlose Identifizierungssysteme und sind schon jetzt in der Logistik, Warenidentifikation und Zugangskontrolle nicht mehr wegzudenken. Sie sind die Basis für Smart Labels: Das intelligente Etikett könnte konventionelle optische Verfahren wie Barcode ersetzen und eine automatische Warenerfassung an der Supermarktkasse ermöglichen. Mit eingebauter Sensorik werden sie zum intelligenten Pflaster oder Messstreifen. Weil mit Polytronic bisher noch keine Speicher erzeugt werden können, ist bei Smart Card die Einbettung eines herkömmlichen Chips in das polytronische System

nötig. Solche kontaktlosen Karten sollen als Fahrscheinersatz, zur automatisierten Passagierabfertigung auf Flughäfen oder zur Mautkontrolle eingesetzt werden.

### **Dünn, leicht, billig, biegsam – Displays aus Plastik**

Deutlich weiter ist die Entwicklung bei organischen Displays. Die neuen ultradünnen Leuchtdisplays werden bereits immer öfter eingebaut in Handys, Radios, Videobrillen oder Flachbildschirme. Pioneer setzt organische Displays seit 1999 in Autoradios ein, Motorola seit 2000 in einem Handy.

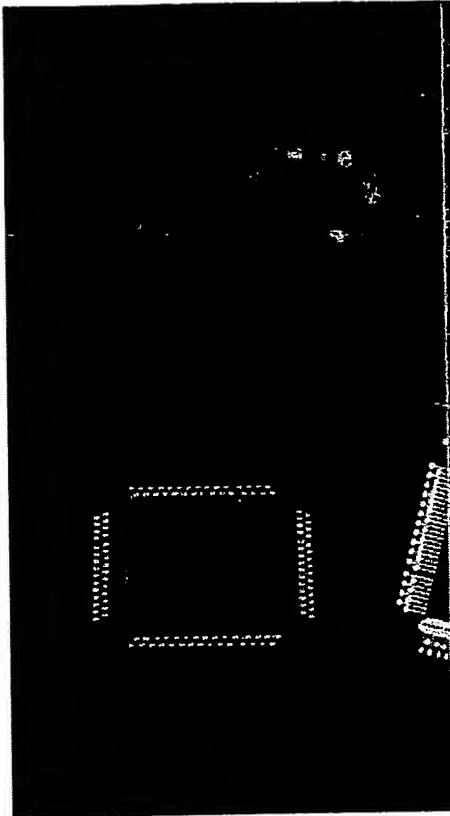
Kunststoffe wie Polythiophen (rot), Polyfluoren (blau) und Polyphenylenvinyl (grün), die beim Anlegen einer elektrischen Spannung hell aufleuchten, machen die Organischen Lichtemittierenden Dioden OLEDs möglich. Sie sind im Gegensatz zu den derzeit üblichen Flüssigkristall-Displays selbstleuchtend und bieten aus jedem Blickwinkel ein brillantes Bild. Sie sind extrem dünn, leicht, flexibel, verbrauchen sehr wenig Energie und können mit kostengünstigen Verfahren hergestellt werden – auf nahezu beliebig großen Flächen. Sie sind, wenn dereinst all diese Eigenschaften erreicht sind, die idealen und allgegenwärtigen Schaufenster der Informationsgesellschaft. Die Bandbreite der Anwendungen reicht vom Minidisplays in Armbanduhr und Chipkarte über den ausrollbaren Bildschirm im Internet-Handy und die elektronische Zeitung und bis hin zur »leuchtenden Tape« und animierten Werbefläche.

Zwei unterschiedliche Techniken bestimmen die Szene: Bei den Small Molecule OLEDs, die Kodak entwickelt hat, müssen die Leuchtstoffe im Vakuum auf das Substrat aufgedampft werden. Bei den Polymer-LEDs, die die Cambridge Display Technology entwickelt hat, kann man das organische Material in Flüssigkeit auflösen und anschließend entweder durch Spin Coating oder im Inkjet-Druckverfahren aufbringen. Neue farbige und verblüffend dünne OLED-Displays haben neben Kodak Pioneer und Sony vorgestellt. Die Firma eMagin stellt mit der OLED-Technik hochauflösende Mikrodisplays für Videobrillen her.

Die Polymer-LEDs hinken in der Bildqualität derzeit noch etwas hinterher, doch versprechen sie deutlich geringere Fertigungskosten. Toshiba, Epson, Philips und auch das deutsche Unternehmen Osram Semiconductor setzen auf die LED-Technik.



Weltweit arbeiten über 70 Unternehmen an Leuchtanzeigen aus Kunststoff. Der Markt dafür wird nach Ansicht des Marktforschungsinstituts DisplaySearch von 24 Millionen Dollar im Jahr 2000 auf 3,3 Milliarden Dollar im Jahr 2005 anwachsen.



Chip in Polymer.  
© Fraunhofer IZM

Während starre organische Anzeigen langsam auf den Markt kommen, stellen flexible Displays die Wissenschaftler noch immer vor große Probleme: Weil Licht erzeugende Polymere empfindlich auf Luftfeuchtigkeit und Sauerstoff reagieren, müssen sie sorgfältig gekapselt werden. Das führt bei flexiblen Baukonzepten zu Problemen, denn hier wird der Folienverbund extrem mechanisch belastet.

Die Kombination von organischen LEDs mit elektronischen Schaltkreisen aus Kunststoff könnte vollständig flexible Displays ermöglichen, die fast beliebig zu knicken oder einzurollen sind. Bisher muss jedes Pixel mit herkömmlicher Technik verdrahtet und einzeln angesteuert werden. Ziel ist, die elektronische Schaltung direkt auf die Rückseite zu drucken. Damit werden Displays zum Trägersystem – und selbst mit einem Foliencomputer dahinter nur Millimeter dick. Das

eröffnet den Weg zu billigen Monitoren, so dünn, leicht und flexibel wie Papier und so groß wie Werbetafeln.

Ein Verbundprojekt der Fraunhofer-Institute für Angewandte Polymer-Forschung IAP, für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin und für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS, Institutsteil Dresden, der Technischen Universität Braunschweig und den Firmen Applied Films, Optrex Europa, das vom BMBF gefördert wird, entwickelt Demonstratoren und Muster für OLED-Displays der nächsten und darauffolgenden Generationen. Dabei werden beide Alternativen, sowohl smart molecules wie auch fluoreszierende Polymere, verfolgt. Das IZM entwickelt darüber hinaus mit anderen Partnern ein instabiles reflektierendes Flüssigkristalldisplay LC-Display.

Elektronisches Papier, das die Firmen Lucent Technologies und E Ink entwickeln, könnte ebenfalls als Vorlage für flexible Bildschirme dienen. Mikrokapseln, die mit Farbstoffen gefüllt und in eine hochviskose Matrix eingebettet sind, können durch ein elektrisches Feld von Schwarz auf Weiß geschaltet werden. Bisher zeigen die ebenfalls mit Drucktechnik hergestellten Prototypen jedoch nur ein sehr grobes, träges Schwarz-Weiß-Bild.

### Energieversorgung der mobilen Geräte

Handys, Palmtops und andere mobile Elektronikgeräte machen keinen Piep, wenn die Energieversorgung nicht gewährleistet ist. Die Bundesministerien für Wirtschaft und Technologie BMWi und für Bildung und Forschung BMBF fördern das Leitprojekt »Energieversorgung von portablen mikroelektronischen Produkten« mit der Hälfte der rund 22 Millionen Euro Projektkosten. Unter Leitung des IZM in Berlin hat sich ein Konsortium aus Fraunhofer-Instituten und Firmen der Chemie-, Batterie- und Elektronik-Industrie gebildet. In drei Teilprojekten werden aufladbare Lithium-Polymerbatterien, papierdünne Primärbatterien und innovative Batteriemanagement-ICs für elektronische Kleingeräte entwickelt.

Vor kurzem präsentierten sie auf der »Productronica« in München erste Ergebnisse. »Für das flache Speichermedium SmartCard werden flexible, nur ein zehntel Millimeter dünne Folienbatterien benötigt«, betont Dr. Jochen Schulz vom ISC. »Entsprechend gering wird der Abstand der beiden Elektro-

den und dies führt zu Problemen: Bei den angestrebten hohen Stromdichten erwärmt sich ein flüssiger Elektrolyt beim Be- und Entladen. Dies kann dazu führen, dass der Druck in der Batterie steigt und diese sich aufbläht oder im schlimmsten Fall platzt.« Um dem vorzubeugen, setzen die Forscher des ISC patentierte ORMOCER®e, organisch modifizierte Keramiken, ein. Ziel ist, bald ganz auf flüssige Elektrolyte zu verzichten.

Die geringen Elektrodenabstände bringen aber noch ein weiteres Problem. Sie dürfen sich nicht berühren, sonst droht Kurzschluss. Dies verhindern die Experten vom Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT durch besonders glatte Kathoden aus Lithium-Cobalt-Oxid. Zum Gesamtsystem gehören außerdem speziell entwickelte Low-Power Bauteile und ein Batteriemanagement, das Laden und Entladen überwacht und die jeweilige Kapazität ermittelt.

Kunststoff eignet sich nicht nur zum Energiespeichern, sondern auch zum Erzeugen von Strom. Die Firma SRI International in Menlo Park, Kalifornien, hat einen Schuh entwickelt, der elektrischen Strom erzeugt. Die beim Laufen erzeugte mechanische Deformation der Sohle wird durch neuartige Kunststoffe in elektrische Energie umgewandelt. Und schließlich erobern die Kunststoffe auch die Solarzellen-Technik. Schon jetzt ist es gelungen, Solarzellen im Siebdruck herzustellen. Auch hier scheinen sich neue Wege zu Billig-Verfahren aufzutun.

Die Visionen der Polytronic sind verlockend: roll- oder faltbare Foliencomputer »smart foils« mit integriertem UMTS-Telefon, Organizer und Notebook, elektronische Zeitungen, die sich ständig aktualisieren, Tapeten, die sich plötzlich in Fernsehmonitore verwandeln und eine Milchtüte, die selbstständig Nachschub ordert, wenn sie leer oder ungenießbar ist. Das intelligente Pflaster mit eingebauter Sensorik hilft, Medikamente zu dosieren oder Blutparameter zu überwachen. Analysestäbchen erkennen Substanzen in Sekundenschnelle. Aufkleber auf Obst und Gemüse zeigen an, wie frisch die Ware ist.

Chips verschwinden ins Papier, die Briefmarke, die Postkarte, den Geldschein – in alle Gegenstände des Alltags – und statten sie mit ein bisschen Intelligenz aus und binden sie drahtlos ein in die vernetzte Welt. Chips von der Rolle verbinden den Menschen mit seinen Sachen.

**Franz Miller**

# Plastik-Chips für intelligente Verpackung

Dr. Wolfgang Clemens  
Siemens AG, Corporate Technology,  
CT MM 1 »Innovative Electronics«  
Projektleiter für die Entwicklung von  
»Integrated Plastic Circuits – IPC«.

Leitfähige und halbleitende organische Polymere erschließen eine neue Materialklasse für die Elektronik, die Polymerelektronik. Hiermit lassen sich sehr preiswerte integrierte organische Schaltungen, also »Plastik-Chips«, realisieren, die durch entsprechende Herstellungsprozesse wie Drucken für künftige Massenmärkte, beispielsweise als elektronische Etiketten in intelligenten Verpackungen, hergestellt werden können.

Mithilfe konjugierter Polymere, die leitende oder halbleitende Eigenschaften haben, lassen sich mittlerweile neben organischen Leuchtdioden und organischen Solarzellen auch aktive Elektronikbauteile wie Transistoren aufbauen. Wie in der Siliziumtechnologie lassen sich hieraus integrierte Schaltungen, also »Integrated Plastic Circuits – IPC« und schließlich Plastik-Chips aufbauen. Diese Chips sind extrem flach und sie lassen sich durch entsprechende Herstellungsverfahren auf flexiblen Folien sehr preiswert herstellen.

Die Plastik-Chips werden in absehbarer Zeit wohl nicht die Performance erreichen, die man mit einkristallinem Silizium erhält, sie kommen aber an amorphes oder polykristallines Silizium heran und das bei wesentlich einfacheren Prozess-Schritten. Als wichtiger Maßstab für die Performance ist sicherlich die Frequenz der Schaltung anzusehen, diese ist in einer einfachen Abschätzung proportional zur Ladungsträgerbeweglichkeit  $\mu$  und umgekehrt proportional zum Quadrat der Kanallänge  $L$  des Transistors.

Die Ladungsträgerbeweglichkeit ist die wichtigste Materialgröße des Halbleiters. Hier werden momentan mit einkristallinem Pentacen Werte bis über  $2 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  erreicht, was schon den Werten von polykristallinem Silizium entspricht. Dagegen erreicht man mit Polymeren Werte bis ca.  $0,2 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , also vergleichbar zu amorphem Silizium.

Bei der Dimensionierung der Bauteile ist wiederum die Kanallänge der Transistoren  $L$ , also der Abstand der Source- und Drain-Elektroden entscheidend. Hier ist es das Ziel, eine möglichst kleine Kanallänge zu erreichen. Mit Photolithographie kann man prinzipiell hierbei dieselben Dimensionen wie bei der Siliziumtechnologie er-

reichen, dies würde jedoch auch dieselben aufwändigen Prozesse beinhalten sowie ein unflexibles Substrat. Wenn man preiswerte Schaltungen auf einem flexiblen Substrat erreichen möchte, muss man hier Kompromisse eingehen.

Ein aussichtsreicher Weg, preiswerte Plastik-Chips mit ausreichender Performance herzustellen, ist diese mit Polymeren in Lösung als »elektronische Tinte« in speziellen Drucktechniken herzustellen. Die Entwicklung liegt also einerseits auf der Materialseite, um noch bessere Polymere zu erhalten und andererseits auf der Prozess-Seite, um noch genauere, preiswerte Prozesse zu erhalten. Dabei muss auch auf eine genügend hohe Lebensdauer der Bauteile geachtet werden. Des Weiteren muss die Schaltungstechnik für die neuen Bauteile angepasst werden, da sie sich deutlich von den herkömmlichen Bauteilen unterscheiden.

Als Anwendungen kommen alle Themen in Frage, bei denen es von Vorteil ist, einen einfachen, sehr flachen und flexiblen Elektronik-Chip zu verwenden. Hierbei wird zumeist als erstes an ein Identifikations-Tag gedacht, im Speziellen ein passives, über Radiowellen auslesbares RFID-Tag. Solche Tags sind heute schon weit verbreitet für Logistik- oder Identifikationsanwendungen. Sie haben einen Si-Chip, der Informationen speichert und ausgibt. Solche RFID-Tags könnten für einfache Anwendungen, beispielsweise als elektronisches Wasserzeichen, als elektronische Briefmarke oder als elektronischer Barcode durch ein Plastik-Tag ersetzt werden, das durch seinen niedrigen Preis auch für low-cost-Massenmärkte wie intelligente Verpackungen einsetzbar ist, die für die Siliziumtechnologie auch in Zukunft nicht erreichbar sind. Daneben gibt es auch noch weitere Anwendungen wie beispielsweise die Kombination mit organischen Leuchtdioden in aktiven Matrix-Displays, in der Sensorik, sodass in der Polymerelektronik, besonders beim Einsatz von Plastik-Chips ein großes Marktpotenzial zu sehen ist.



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**